

# Diagnostic initial – Projet SoLife

## Exploitation de Jonathan ZEOULA – LIFOU - Parcelle ROUTE

Le sol est de texture limon sableux (9%A ; 68%L ; 24%S) avec 9,5% de matière organique (analyses Celesta Lab novembre 2023).

D'après l'Etude des sols des Iles Loyautés (Latham et Mercky, 1983) la parcelle se situe sur un sol « ferrallitique oxydique sur calcaire ». Ce type de sol est naturellement de texture limoneuse, d'une grande friabilité et de densité apparente faible. Ils reposent directement sur l'horizon d'altération de la roche-mère, appelé horizon C, qui est ici un substrat calcaire. La matière organique est très intimement liée à la matière minérale. La capacité de rétention en eau du sol dépend très fortement de sa profondeur et de la matière organique. Le calcium et le magnésium échangeable y sont généralement abondants dans les horizons humifères contrairement à la potasse. Les réserves de phosphore y sont naturellement élevées. Ces sols sont classés ferrallitiques car les taux d'oxydes de fer et d'aluminium dépassent les 60%.



La parcelle est couverte par un couvert végétal herbacé spontané (buffalo en majorité), en place depuis 2021 et fauché au moins 1 fois par an.

Les observations et prélèvements ont été réalisés le 27 novembre 2023.

## Observations in-situ

D'après le « Guide d'observations et pistes d'actions pour des sols vivants en maraichage » et le « Guide d'utilisation du Test bêche » de l'ISARA de Lyon.

2 répétitions ont été effectuées sur la parcelle. Elles étaient quasiment identiques.

Le sol est frais, l'humidité pondérale mesurée est en moyenne de 35% sur la profondeur 0-16cm.

La bêche a pu être enfoncée jusqu'à 25 cm mais sur la première zone la résistance était plus importante.



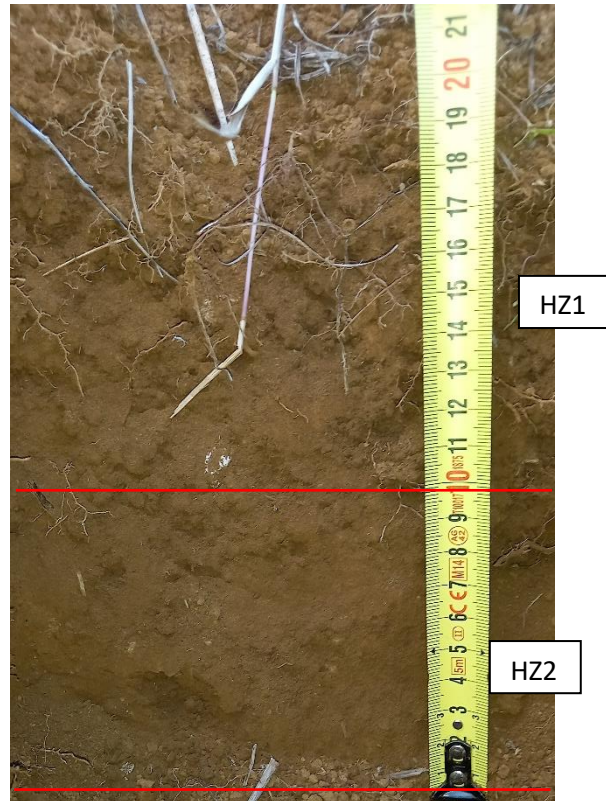
Surface du sol sous le couvert. On observe des turricules.

On distingue 2 horizons : HZ1 de 0 à 10 cm puis HZ2 de 10 à 20 cm. HZ1 est beaucoup moins tassé que HZ2 (résistance à la bêche et au couteau).

HZ1 présente une structure ouverte (O), une majorité de terre fine et des mottes gamma. **HZ1 n'est pas tassé, il est en classe 1.**

HZ2 présente une structure continue avec plusieurs sous blocs (C2R). Sur la zone 1, HZ2 est plutôt tassé, il est en classe 3. Sur la zone 2, HZ2 n'est pas tassé, il est en classe 1. **La moyenne pour la parcelle donne HZ2 en classe 2.**

L'horizon 1 correspond à l'horizon où se trouve la majorité des racines du couvert, essentiellement des graminées. Grâce à ces racines, la structure est restée ouverte contrairement à l'horizon 2 qui s'est tassé depuis le dernier travail du sol (2020).



*Profil sur la zone 2*



*Motte Δb dans HZ2*

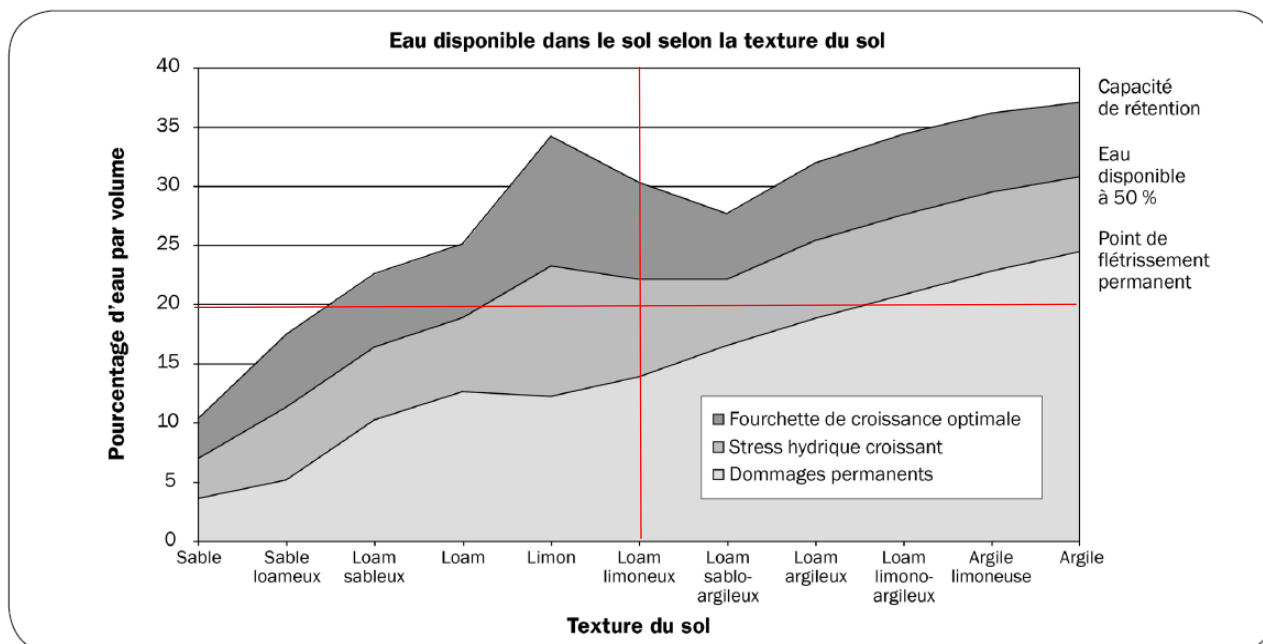
La densité apparente (méthode du cylindre) mesurée est 0,54. La densité apparente mesure une masse de terre dans un volume connu. C'est une mesure du niveau de tassement du sol, plus la valeur est élevée, plus le sol est tassé. De plus, la densité apparente nous permet de calculer masse de terre fine sur la parcelle et calculer les apports (amendements et engrais).



*Motte Γ dans HZ1*



*Le bloc tient sur la bêche en grand partie grâce aux racines.*



**Figure 3.** Eau disponible dans le sol selon la texture du sol. D'après des données tirées de Ratliff, L.F., Ritchie, J.T. et Cassel, D.K. *Soil Science Society of America Journal* 47, 770(5), 1983.

*Eau disponible dans le sol selon la texture (triangle USDA)*

Le graphique ci-dessus représente les réserves hydriques des sols en fonction de leur texture. La parcelle est de texture « Silt loam » traduit ici par « Loam limoneux » selon le triangle des textures USDA. **La réserve utile pour les plantes est comprise entre 13% et 30% d'humidité volumique.** L'humidité pondérale du sol le jour du prélèvement était de 35% soit 19,6% d'humidité volumique. La réserve utile du sol sur les 16 premiers centimètres était remplie à environ 1/3 de sa capacité (cf.graphique).

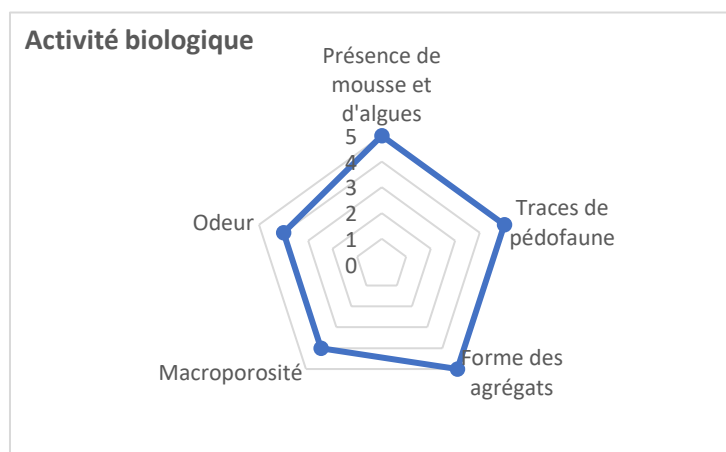


*Motte Δb dans HZ1. On peut voir un ver de terre en quiescence\* dans la motte.*

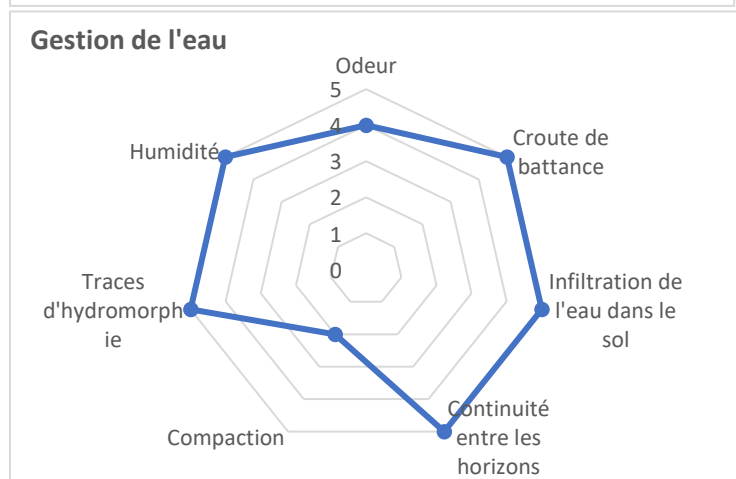
*\*Arrêt de développement de certains animaux en cas de conditions extérieures défavorables (ici sécheresse)*

Les 3 graphiques radar ci-dessous réunissent différents indicateurs qui traduisent l'état de santé du sol vis-à-vis de ses caractéristiques structurales, l'activité biologique et le comportement hydrique de la parcelle.

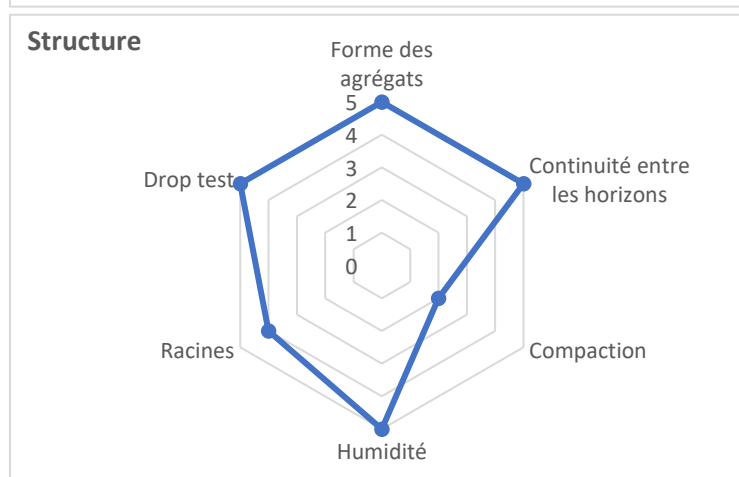
-Le détail des indicateurs est disponible dans le « Guide d'observation et pistes d'action pour des sols vivants en maraichage ».



Les indicateurs pour l'activité biologique sont bons à très bons. On n'observe pas de mousse et d'algue en surface (signe de manque d'oxygène dans le sol) et on observe beaucoup de turricules ou galeries en surface (et autre faune du sol). La forme des agrégats est de type grumeleux. La macroporosité à l'intérieur des mottes est importante.



Les indicateurs pour la gestion de l'eau sont moyens à très bons. On n'observe pas de croute de battance et l'infiltration de l'eau dans le sol est bonne car on n'observe pas de traces de ruissellement et le drainage après les pluies est correct. On observe une bonne continuité entre les horizons. La compaction est assez importante dans l'horizon 2 et moyenne dans l'horizon 1. On n'observe pas traces d'hydromorphie dans le profil. L'humidité dans le sol était plutôt uniforme. Le sol dégage une odeur de champignons.



Les indicateurs de structure sont moyens à très bons. Les racines observées allaient quasiment jusqu'au fond du profil. Le drop test correspond à la répartition de la taille des mottes après 3 lancés du bloc à 1m de hauteur. Le sol est dominé par des petits agrégats friables et de la terre fine.

## Analyses de sol

Les analyses sont faites par le laboratoire Celesta-Lab en France et les résultats reçus le 5/03/2024.

## Fertilité chimique

Le rapport d'analyses du laboratoire est disponible en annexe. Les oligo-éléments n'ont pas été analysés.

Tableau 1: pH, CEC et éléments minéraux disponibles

| pH  | CEC (meq/kg) | P2O5 (ppm) | K2O (ppm) | MgO (ppm) | CaO (ppm) | NaO (ppm) |
|-----|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 7,3 | 298,1        | 279        | 74        | 445       | 5630      | 59        |

Le pH est légèrement basique mais reste correcte pour l'assimilation des nutriments. La CEC (capacité stockage des cations calcium, magnésium, potassium et sodium) est saturée à 76% et en majorité par le calcium, ce qui explique le pH légèrement basique.

Les réserves de potasse disponible (74 ppm) sont très faibles.

Les réserves de phosphore disponible (279 ppm) sont très élevées. Elles permettent de faire l'impasse sur la fertilisation en phosphore.

L'équilibre du calcium et du magnésium (idéalement un rapport de 5) est correct bien que le calcium soit sur-représenté par rapport au magnésium (rapport de 9 ici).

La potasse est très faiblement représentée sur la CEC et son déséquilibre avec le magnésium tend à la rendre encore moins disponible.

Le sodium est plus représenté que la potasse, ce qui peut avoir une certaine toxicité chez les plantes puisque les 2 molécules sont quasiment similaires.

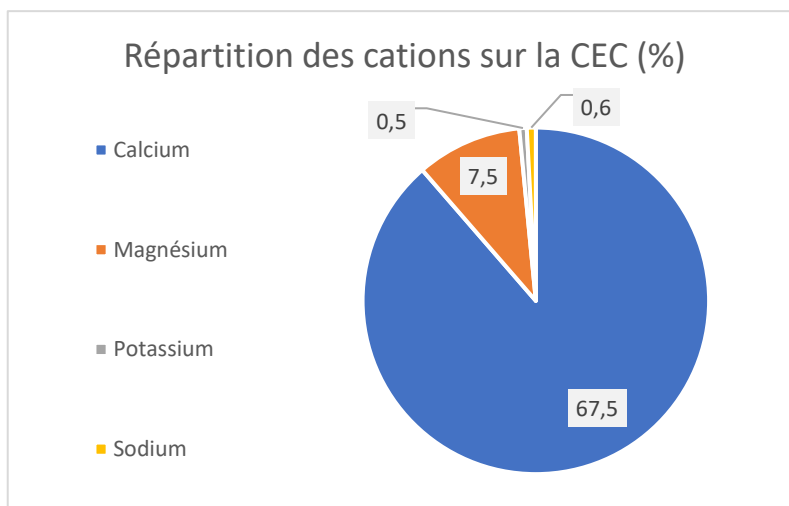
Ce manque de potasse dans le sol peut également bloquer en partie l'assimilation de l'azote.

La CEC n'étant pas saturée, des apports de rééquilibrage sont envisageables pour la potasse : sulfate de potasse, basalte, cendres. Le taux de potasse idéal en sol sableux est de 5% de la CEC. Pour l'atteindre il faut apporter 540 kg/ha de potasse soit 1,1 t/ha de sulfate de potasse. Cet apport est à fractionner sur 3 ans, à incorporer au sol avant la culture (au billonnage par exemple).

## Fertilité biologique

Les analyses consistent en un fractionnement de la matière organique, une mesure de la biomasse microbienne et de son activité (minéralisation).

On distingue 2 types de matière organique : la MO libre (particules > 50µm) et la MO liée (particules < 50µm). La MO libre est la MO se dégradant le plus rapidement (<12 ans) et facilement minéralisable. Ce sont les réserves énergétiques du sol (nourriture pour les microorganismes et la microfaune). La MO stable se dégrade lentement (> 50 ans), joue un rôle structurant et d'échanges (CEC).



## Quantité de matière organique

La quantité totale de MO est 9,5%. Le taux de MO idéal est connu grâce au rapport MO/A=0,24, en prenant le taux de MO liée. Ici ce rapport est de 0,74. On peut considérer que la parcelle a des réserves de matière organique. Cependant, avec la nature du sol (peu d'argile), la matière organique se consomme très vite, surtout avec le travail du sol. Il faut continuer d'apporter de la MO chaque année afin de compenser les pertes annuelles par minéralisation. Ici elles sont estimées à **596 kg/ha** (avec une densité apparente de 0,56 et indice de minéralisation ou k2 de 0,9%). Ce qui correspond à un apport annuel de **2,5 t/ha de compost**.

La répartition entre les MO libres et stables est satisfaisante.



Schématisation des différents compartiments de la matière organique du sol analysés par Celesta-Lab

## Qualité des matières organiques

Le C/N de la MO totale nous indique une matière plutôt évoluée et stable. Le C/N des MO liées et libres sont quasiment équivalents. Idéalement le C/N des MO liées est inférieur à celui des MO libres. En effet, plus les MO évoluent (sont dégradées/humifiées), plus le C/N baisse. Pour les MO liées, l'idéal se situe autour de 10.

Ici le C/N (11,5) de la MO liée caractérise un humus bien évolué, fonctionnel et libérant assez facilement l'azote. Le C/N (13,8) de la MO libre caractérise une MO correctement évoluée, encore jeune, énergétique pour la faune et la microflore du sol. Cependant, si on ne rajoute pas de MO dans le sol, ce C/N va continuer de diminuer. **Il faut entretenir la MO libre par des apports réguliers.**

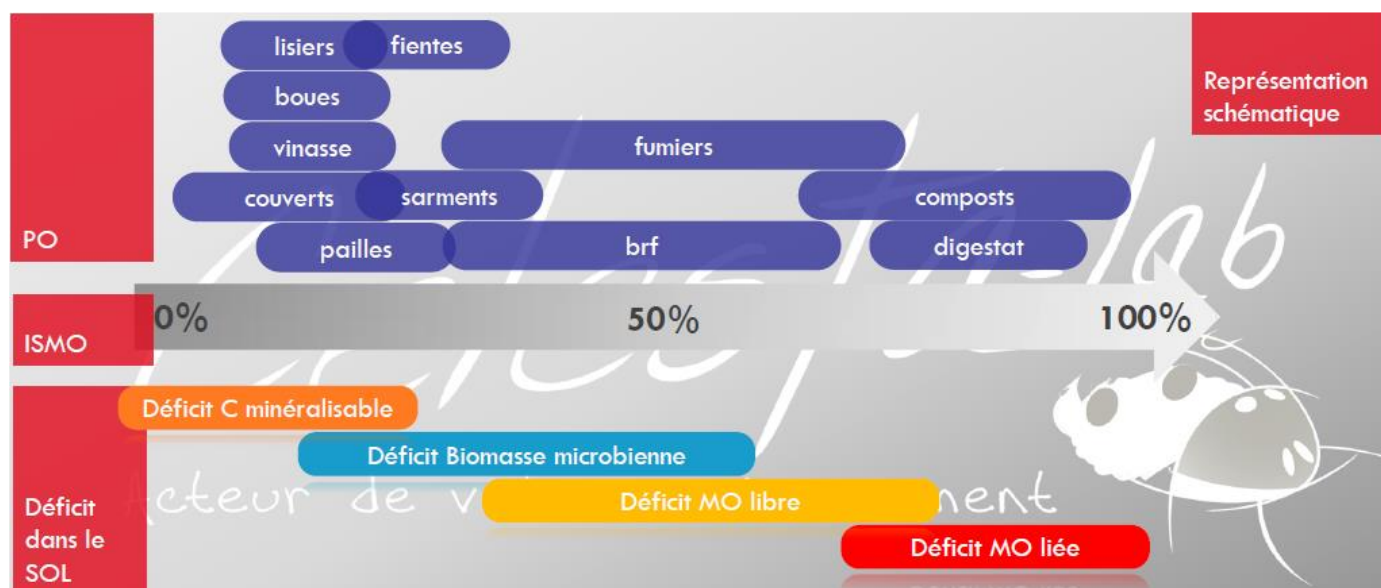
## Biomasse microbienne

Le compartiment microbien est très développé, ce qui traduit un sol vivant. La biomasse microbienne est constituée de nombreux éléments (N,P,K...). Cette biomasse se renouvelle rapidement dans le sol rendant ainsi les éléments qu'elle contient potentiellement disponibles pour les plantes. Le maintien de cette masse vivante dans le sol assure, de plus, de nombreuses propriétés agronomiques indispensables aux cultures : porosité (drainage, enracinement), stabilité structurale (anti-érosion).

La proportion de cette biomasse dans la matière organique totale est bonne (2%). **Elle est donc en quantité suffisante pour minéraliser la matière organique.**

## Activités microbiennes

La MO potentiellement minéralisable (carbone minéralisé) est la MO qui sera rapidement dégradée par les microorganismes si les conditions pédoclimatiques sont réunies (humidité, température et oxygène). Le carbone organique est une source d'énergie pour la croissance et le développement des microorganismes. Ici la quantité minéralisée est faible (0,9%), insuffisante pour assurer une activité microbienne correcte. **L'apport énergétique à la biomasse est donc limité par un manque de carbone organique facilement minéralisable (par exemple des fientes de volailles fraîches ou un engrais vert de légumineuse fauché avant la floraison).**



Représentation schématique des produits organiques à apporter en fonction du type de déficit dans le sol (source : celesta Lab)

L'azote minéralisé en 28 jours en laboratoire modélise la quantité d'azote minéralisée au champ en 4 mois. Ici cette quantité est très faible (2,3 mg) et rapportée à l'azote total, cet azote rapidement disponible pour les plantes est également très faible (0,1%). **La mise à disposition de l'azote du sol pour les plantes est limitée par la trop forte stabilité de la matière organique et donc par le manque de substrat facilement dégradable.**

Par extrapolation, l'activité biologique du sol peut générer 8 kg/ha d'azote dans les 6 mois. Au moment du prélèvement, le reliquat azoté (azote minéral présent) était de 85 kg/ha, ce qui est assez important. A titre d'exemple cela correspond environ à la quantité d'azote nécessaire à la patate douce pour effectuer son cycle.

### Biodiversité du sol

La microbiologie du sol a été analysée par le laboratoire par Aura Pacifica en Nouvelle-Calédonie. Les vers de terre ont été déterminés en collaboration avec l'IAC et ses partenaires de recherche.

#### Vers de terre

Sur les 2 tests bêche réalisés, **24 vers de terre ont été trouvés et 3 ont été prélevés** pour être identifiés (individus adultes).

Les caractères morphologiques ont été observés à la loupe binoculaire et présentés aux spécialistes qui n'ont pas pu déterminer le genre. Les individus ont été collectés par les collaborateurs de l'IAC pour identification ultérieure en laboratoire.

Aux vues des caractères morphologiques, les individus retrouvés appartiennent tous à la même espèce. Ils sont de couleur rose pâle, ils mesurent entre 4 et 4,5 cm, les soies sont en paires éloignées, le clitellum se situe sur les anneaux 15 à 20/21 et le pore mâle qui est très peu visible, semble se situer sur l'anneau 10.



*Vers de terre dans le test bêche*

#### Microbiologie

La biomasse des bactéries et des champignons est satisfaisante mais **manque de diversité**. On compte 4 espèces de bactéries et 3 espèces de champignons. L'idéal serait de 10 espèces (source : Aurapacifica). La présence faible des actinomycètes nous indique que le sol a une capacité **faible à humifier (stocker sous forme de matière organique stable) la matière organique**.

L'activité phosphatasique nous indique la capacité des microorganismes à minéraliser le phosphore organique. Elle est faible. Cela peut être dû à la forte présence de phosphore minéral (279 ppm).



Le nombre et la diversité des mycorhizes est satisfaisant. Les genres identifiés *Acaulospora* et *Glomus* sont assez communs mais peu « performants » pour la production agricole. Les genre identifiés *Rhizophagus* et *Funneliformis* sont moins communs. Certaines espèces de ces genres sont utilisées en innoculum dans les sols agricoles. Le genre *Funneliformis* est cependant sensible à la présence de métaux.

Pour augmenter la diversité des microorganismes, il faut **varier les sources de matières organiques**. On peut aussi inoculer des espèces connues et produites pour l'agriculture : mycorhizes autochtones commercialisées par Aurapacifica, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus sp.*, *Trichoderma sp.* ou encore *Beauveria bassiana* par exemple.

## Conclusion – Synthèse

Le sol est légèrement tassé à partir de 10 cm de profondeur. Cependant on observe une macroporosité satisfaisante, surtout dans les premiers centimètres et qui diminue en profondeur. La structure ouverte du 1<sup>er</sup> horizon a été maintenue, depuis le dernier travail du sol, grâce aux racines du couvert végétal. Dans le 2<sup>e</sup> horizon la macrofaune est moins développée (vers de terre observé en quiescence) et la texture limoneuse du sol avec très peu d'argile ne permet un maintien de la structure. Afin de maintenir une structure ouverte en profondeur, il est nécessaire de maintenir une humidité constante et nécessaire au développement de la faune du sol. L'apport de matière organique doit être régulier et suffisant pour la nourrir (à minima 2,5 tonnes de compost par an et par hectare). Pour aller plus loin dans l'analyse, il pourrait être intéressant de réaliser une analyse spécifique sur chacun des horizons.

Les analyses biologiques ont montré que la quantité de matière organique dans le sol était très satisfaisante au regard de la quantité d'argile. Cette dernière étant très faible, le complexe argilo humique repose essentiellement sur la matière organique. On note d'ailleurs une CEC importante malgré la faible teneur d'argile. Cependant l'activité biologique est limitée par un manque de matière organique facilement dégradable. Il faut apporter de la matière organique fermentescible (fraîches, avec un faible ISMO) comme du fumier frais, des fientes de volailles ou encore des engrais verts avec une légumineuse à faucher avant la floraison.

La biomasse microbienne est bien développée mais manque de diversité. L'apport de différents types de MO (végétale de différentes espèces, animales de différentes espèces, fraîches, évoluées...), permettra d'augmenter cette diversité. Des produits à base d'inoculum peuvent aussi être apportés pour augmenter les populations microbiennes (mycorhizes, lombrithé, Tricho-shield...).

L'analyse chimique nous indique un bon ratio Ca/Mg (9) qui permet une bonne aération du sol et peu de risque d'hydromorphie (le magnésium retient fortement l'eau à sa surface). La CEC est saturée à 76% et pour faciliter les échange sol/plante, il faudrait qu'elle soit saturée à 85%. L'élément déficient sur la CEC est le potassium (0,5%), il faudrait amender pour apporter 540 kg/ha de potasse, soit l'équivalent de :

- 1,1 tonnes de sulfate de potasse (50% potasse).
- 21 tonnes de vinasse de distillerie « Terre du Sud » (2,6% potasse)
- 9 tonnes de cendres végétales (6% potasse), mais la teneur en potasse de la cendre utilisée ne peut être connue que par une analyse, car elle dépend de la teneur en potasse des matières qui ont été réduites ne cendres. En générale, elle varie entre 6% et 20%.

Bien sûr cet apport doit être fractionné.

La teneur en phosphore du sol est très satisfaisante et permet de faire l'impasse sur la fertilisation en P des cultures. C'est une caractéristique naturelle de ce type de sol. Cependant, il faut continuer

d'entretenir l'activité microbienne qui est la seule à pouvoir solubiliser le phosphore dans le sol et le rendre disponible pour les plantes.